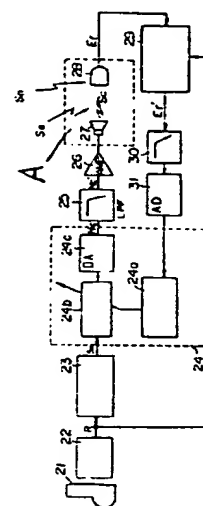


(54) NOISE CANCELING DEVICE

(11) 5-11770 (A) (43) 22.1.1993 (19) JP
(21) Appl. No. 3-165802 (22) 5.7.1991
(71) ALPINE ELECTRON INC (72) MAKOTO NAMEKAWA(4)
(51) Int. Cl⁵. G10K11/16

PURPOSE: To eliminate noise outside the frequency band of periodic noise desired to be canceled depending on an error signal inputted in a noise cancel controller.

CONSTITUTION: A signal, corresponding to periodic noise generated from an engine 21, is outputted as a reference signal S_N with a reference signal generation part 23, a composite tone of noise at a noise cancel point (including external noise) and a cancel sound is detected with an error mike 28, and a composite tone signal is inputted as an error signal E_r in a tracking control filter 29. The frequency band of the periodic noise is set in the tracking control filter, consequently a noise signal outside the band of the periodic noise is eliminated with the filter 29. The reference signal and an error signal E_r passed the filter are inputted in a noise cancel controller 24, the reference signal is digital-treated so as to minimize the error signal to generate a noise cancel signal, and a canceling sound is emitted from a speaker 27 to cancel noise.



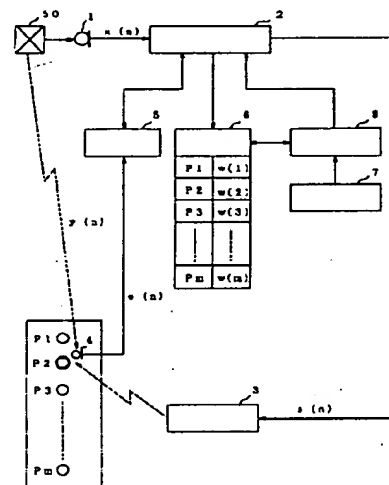
22: number of revolution sensor, 27: cancel speaker, 30: anti-aliasing filter, 31: AD converter, S_e: external noise, S_N: engine sound, 24a: adaptive algorithm treating part, 24b: adaptive filter, 24c: DA converter

(54) NOISE CONTROL DEVICE

(11) 5-11771 (A) (43) 22.1.1993 (19) JP
(21) Appl. No. 3-328022 (22) 15.11.1991 (33) JP (31) 91p.93691 (32) 29.3.1991
(71) RICOH CO LTD (72) KENJI FUKUMIZU
(51) Int. Cl⁵. G10K11/16

PURPOSE: To enable formation of a noise eliminating zone constantly in the vicinity of ears a human even with his head moving, when noise elimination is desired in the vicinity of his ears.

CONSTITUTION: A noise elimination operation is started after the filter coefficients $w(1)$ through $w(m)$ for the respective predetermined proposed control points P1 through Pm are memorized by a coefficient memory part 6. When control point to be noise-eliminated moves e.g. from the position of the proposed control point P1 to the position of the proposed control point P2, a control point selective part 7 selects the proposed control point P2, and transmits the information to a signal processing switching part 8. The signal processing switching part 8 reads the filter coefficient $w(2)$ corresponding to the proposed control point P2 from the coefficient memory part 6, and set the value as the filter coefficient of a signal processing part 2 and switches the signal processing. This arrangement allows the movement of the noise-controlled point from P1 to P2 to be followed and rapid noise elimination to be realized in the vicinity of the position P2.



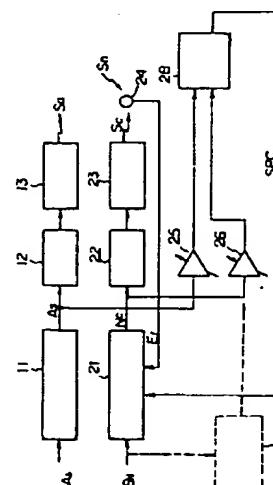
3: secondary noise source part, 5: coefficient renewal part

(54) NOISE CANCELING SYSTEM

(11) 5-11772 (A) (43) 22.1.1993 (19) JP
(21) Appl. No. 3-162594 (22) 3.7.1991
(71) ALPINE ELECTRON INC (72) MAKOTO NAMEKAWA(4)
(51) Int. Cl⁵. G10K11/16, H04S7/00

PURPOSE: To stop the noise canceling operation when the noise is so small as to be masked by the audio sound.

CONSTITUTION: The signal according to the noise generated from a noise source is received as a reference signal S_N and a synthesized signal of the noise S_N at a noise canceling point and a canceling sound S_c is received as an error signal E_r by a noise canceling controller 21. A noise canceling signal N_c is outputted so that the error signal may be minimized, and a comparative part 28 makes a comparison between an audio signal A_s outputted by an audio circuit 11 and the noise canceling signal N_c , and a stopping order SPC of the noise canceling processing is outputted to the noise canceling controller 21 when the audio sound is so large as to mask the noise, while an order of continuation and restarting of the noise canceling processing is made when masking can not be made.



12: power amplifier, 13: audio speaker, 22: power amplifier, 23: canceling speaker, 24: error microphone, 29: characteristics changing part

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-11771

(43)公開日 平成5年(1993)1月22日

(51)Int.Cl.⁵

G10K 11/16

識別記号

庁内整理番号

H 7350-5H

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数10(全 22 頁)

(21)出願番号 特願平3-328022

(22)出願日 平成3年(1991)11月15日

(31)優先権主張番号 特願平3-93691

(32)優先日 平3(1991)3月29日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 福水 健次

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式

会社リコー内

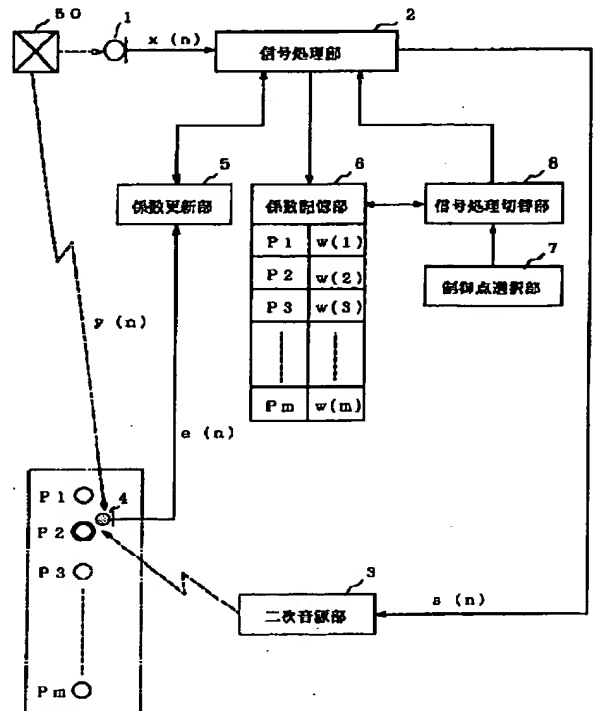
(74)代理人 弁理士 植本 雅治

(54)【発明の名称】 騒音制御装置

(57)【要約】

【目的】 例えば人間の耳付近で消音させようとする場合、頭が動いても人間の耳付近に常に消音ゾーンを形成することが可能である。

【構成】 予め定められた各制御点候補P1乃至Pm毎のフィルタ係数w(1)乃至w(m)を係数記憶部6に記憶させた後、消音動作を開始する。消音すべき制御点が例えば制御点候補P1の位置から制御点候補P2の位置に移ると、制御点選択部7は、制御点候補P2を選択し、その旨、信号処理切替部8に伝える。信号処理切替部8では、制御点候補P2に対応したフィルタ係数w(2)を係数記憶部6から読み出し、これを信号処理部2のフィルタ係数として設定し信号処理を切替る。これにより、消音すべき制御点がP1からP2に移動してもこれに追従しP2の位置付近を迅速に消音することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 騒音発生源における騒音を観測する騒音観測手段と、騒音観測手段で得られた信号を処理する信号処理手段と、信号処理手段で信号処理された結果の信号に応じ、騒音制御用の二次音を発生する二次音源手段と、予め定められている複数の制御点候補の中から騒音制御がなされるべき位置に対応した制御点候補を制御点として選択する制御点選択手段と、選択された制御点に応じて前記信号処理手段の信号処理内容を切替える信号処理切換手段とを備えていることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項2】 請求項1記載の騒音制御装置において、前記制御点選択手段は、騒音制御がなされるべき位置を推定する位置推定手段と、推定された位置に応じた制御点を複数の制御点候補の中から選び出す制御点決定手段とを有していることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項3】 騒音発生源における騒音を観測する騒音観測手段と、騒音観測手段で得られた信号を処理する信号処理手段と、信号処理手段で信号処理された結果の信号に応じ、騒音制御用の二次音を発生する二次音源手段と、予め定められている複数の制御点の中から現時刻に制御対象とする制御点を選択する制御点選択手段と、選択された制御点に応じて前記信号処理手段の信号処理内容を切替える信号処理切換手段とを備えていることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項4】 騒音発生源における騒音を観測する騒音観測手段と、騒音観測手段で得られた信号を処理する信号処理手段と、複数の制御スピーカを有しており、信号処理手段で信号処理された結果の信号に応じ騒音制御用の二次音を発生する二次音源手段と、二次音源手段の複数のスピーカの中から現時刻に制御に使用する少なくとも1つの制御スピーカを選択する制御スピーカ選択手段と、選択された制御スピーカに応じて前記信号処理手段の信号処理内容を切替える信号処理切換手段とを備えていることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項5】 騒音発生源における騒音を観測する騒音観測手段と、騒音観測手段で得られた信号を処理する信号処理手段と、複数の制御スピーカを有しており、信号処理手段で信号処理された結果の信号に応じ騒音制御用の二次音を発生する二次音源手段と、予め定められている複数の制御点の中から現時刻に制御対象とする制御点を選択する制御点選択手段と、二次音源手段の複数のスピーカの中から現時刻に制御に使用する少なくとも1つの制御スピーカを選択する制御スピーカ選択手段と、選択された制御点および／または制御スピーカに応じて前記信号処理手段の信号処理内容を切替える信号処理切換手段とを備えていることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項6】 請求項3、4または5記載の騒音制御装置において、消音したい空間を所定の大きさの領域ごとに分割するときに、前記制御スピーカおよび／または前

記制御点は、分割された各領域ごとに、その領域の制御を担当するよう少なくとも1つ配置されており、この場合に、前記領域の中から現時刻に制御すべき領域が選出されるときに前記制御点選択手段は、選出された領域を担当する制御点を選択するようになっており、前記制御スピーカ選択手段は、選出された領域を担当するスピーカを選択するようになっていることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項7】 請求項6記載の騒音制御装置において、前記領域の中から現時刻に制御すべき領域を選出するための位置検出手段がさらに設けられており、該位置検出手段は、装置を使用する人間の位置を検出し、人間の頭部を含む領域を消音すべき領域として選出するようになっていることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項8】 請求項6記載の騒音制御装置において、隣接した複数の領域についてはこれらの領域に1つの制御スピーカを割当て、これらの領域を該1つの制御スピーカによって共有させるようになっていることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項9】 請求項3または5記載の騒音制御装置において、制御点が同定制御点と推定制御点とに2分されており、同定制御点に関しては、二次音源部の制御スピーカからのインパルスレスポンスを同定し、推定制御点に関しては、二次音源部の制御スピーカからのインパルスレスポンスを二次音源部の制御スピーカと同定制御点との間のインパルスレスポンスから推定し、それらのインパルスレスポンスをもとに信号処理手段における処理を決定するようになっていることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項10】 請求項9記載の騒音制御装置において、ある1つの制御スピーカから、ある1つの推定制御点に至るインパルスレスポンスを推定する際に、該推定制御点の周囲にある複数の同定制御点に至るインパルスレスポンスの間で、対応する反射波の振幅と時間遅れを検出し、推定制御点とそれらの同定制御点の位置関係に応じて各反射波に応じた振幅と時間遅れをもったインパルスレスポンスを推定するようになっていることを特徴とする騒音制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、騒音に対しこれを打ち消すような音を二次音として発生させることによって、ある地点における騒音を減衰させる騒音制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、例えば、文献「アクティブ・ノイズ・コントロール・チェアの実現 電気情報通信学会研究会報告 EA90-2」には、騒音に対しこれを打ち消すような音を二次音として発生させて騒音を制御する騒音制御装置が開示されている。図11はこの種の従

来の騒音制御装置の構成例を示す図である。図11の騒音制御装置には、騒音発生源50の地点において騒音の原因信号を観測し電気信号 $x(n)$ に変換するマイクロホン等の騒音観測部51と、騒音観測部51で得られた電気信号 $x(n)$ に対して適切なデジタルフィルタにより信号処理を施す信号処理部52と、信号処理部52により信号処理された結果の信号 $s(n)$ に応じた二次音を発生するスピーカ等の二次音源部53と、騒音を除去したい地点に配置され、騒音発生源50から伝播した騒音 $y(n)$ と二次音源部53から伝播した制御音としての二次音とが合わさって残騒音として入力し、その音圧を電気信号に変換し出力信号 $e(n)$ として出力するマイクロホン等の残騒音観測部54と、残騒音観測部54からの出力信号 $e(n)$ に基づき信号処理部52におけるデジタルフィルタのフィルタ係数を更新する係数更新部55とが設けられており、残騒音観測部54からの出力信号 $e(n)$ に基づき信号処理部52のフィルタ係数を更新して出力信号 $e(n)$ が零となるような適切な信号処理がなされることにより、残騒音観測部54が配置された地点の近傍での騒音を除去するようになっている。なお、上記の各信号において、 n は時刻を表わしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の騒音制御装置では、出力信号 $e(n)$ が零となるような制御を行なうのに、係数更新部55においてはLMS (Least Mean Square) アルゴリズム、すなわち最小二乗誤差法による係数更新のアルゴリズムが良く用いられている。すなわち、図11のシステム構成では、時刻 n における残騒音観測部54からの出力信号 $e(n)$ は、

$$w_i(n+1) = w_i(n) + \delta w_i(n)$$

$$\delta w_i(n) = -\alpha \cdot e(n) \cdot \sum_j C_j \cdot x(n-i-j)$$

【0010】数3からわかるように、 $w_i(n)$ を更新するためには、二次音源部53と残騒音観測部54との間の伝達関数 C_j が計算上必要となる。この伝達関数 C_j としては、システム同定手法により事前に測定しておいたものが一般に用いられ、上述のLMSアルゴリズムを適用して所定の消音効果を得るためには、一旦測定されて設定された伝達関数 C_j をシステム稼動中にも変化しないようにしておく必要がある。すなわち、従来の騒音制御装置では、一旦設定された伝達関数 C_j が変わらないよう、二次音源部53と残騒音観測部54の位置を固定しておく必要があった。しかしながら、騒音を除去したい地点が例えば所定の作業等をしている人間の耳付近であり、人間の耳付近にマイクロホン等の残騒音観測部54を装着して用いる場合、人間の頭が動くと、これに伴って残騒音観測部54も移動してしまう。このとき

* 【0004】

【数1】

$$e(n) = y(n) + \sum_j C_j \cdot s(n-j)$$

$$s(n) = \sum_i w_i(n) \cdot x(n-i)$$

10

【0005】ここで、 C_j は二次音源部53と残騒音観測部54との間の伝達関数であり、 $s(n-j)$ と伝達関数 C_j とのコンボルーションが残騒音観測部54に入力する二次音信号となる。また、 $w_i(n)$ は信号処理部52におけるデジタルフィルタのフィルタ係数であって、LMSアルゴリズムでは、 $w_i(n)$ を各サンプルごとに更新する適応信号処理がなされる。

20

【0006】すなわち、係数更新部55におけるLMSアルゴリズムでは、出力信号 $e(n)$ の二乗誤差 $\sigma(n)$ 、すなわち $\{e(n)\}$ が時刻 n とともに小さくなるように、フィルタ係数 w_i を各サンプルごとに更新するようになっている。より具体的には、数1において、 $e(n)$ を二乗すると、 w_i に関する二次式となるので、LMSアルゴリズムでは、二乗誤差 $\sigma(n)$ を w_i に関する二次式として見たときに、次式の二次曲面 Z を下っていくように、フィルタ係数 w_i をサンプルごとに更新するようにしている。

【0007】

【数2】

$$Z = \sigma(n)$$

【0008】いまの場合、時刻 $(n+1)$ におけるフィルタの係数 $w_i(n+1)$ は、収束係数を α として次式で与えられる。

【0009】

* 【数3】

40

には、伝達関数 C_j が変化してしまいLMSアルゴリズムが有効に働かず、この結果、 $\sigma(n)$ が減少する方向に $w_i(n)$ が更新されるとは限らなくなり、消音効果が得られなくなる場合があった。

【0011】このように従来の騒音制御装置では、一旦固定された位置でしか有効に消音することができず、人間の頭が動くと、人間の耳付近には消音ゾーンが形成されなくなり、消音効果が得られなくなる場合があるという問題があった。

【0012】本発明は、例えば人間の耳付近で消音させようとする場合、頭が動いても人間の耳付近に常に消音ゾーンを形成することが可能な騒音制御装置を提供することを目的としている。

【0013】

50

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため

に請求項1記載の発明は、騒音発生源における騒音を観測する騒音観測手段と、騒音観測手段で得られた信号を処理する信号処理手段と、信号処理手段で信号処理された結果の信号に応じ、騒音制御用の二次音を発生する二次音源手段と、予め定められている複数の制御点候補の中から騒音制御がなされるべき位置に対応した制御点候補を制御点として選択する制御点選択手段と、選択された制御点に応じて前記信号処理手段の信号処理を切替える信号処理切替手段とを備えていることを特徴としている。

【0014】また、請求項2記載の発明は、騒音制御がなされるべき位置を推定する位置推定手段と、推定された位置に応じた制御点を複数の制御点候補の中から選出す制御点決定手段とを有していることを特徴としている。

【0015】また、請求項3記載の発明は、騒音発生源における騒音を観測する騒音観測手段と、騒音観測手段で得られた信号を処理する信号処理手段と、信号処理手段で信号処理された結果の信号に応じ、騒音制御用の二次音を発生する二次音源手段と、予め定められている複数の制御点の中から現時刻に制御対象とする制御点を選択する制御点選択手段と、選択された制御点に応じて前記信号処理手段の信号処理内容を切替える信号処理切替手段とを備えていることを特徴としている。

【0016】また、請求項4記載の発明は、騒音発生源における騒音を観測する騒音観測手段と、騒音観測手段で得られた信号を処理する信号処理手段と、複数の制御スピーカを有しており、信号処理手段で信号処理された結果の信号に応じ騒音制御用の二次音を発生する二次音源手段と、二次音源手段の複数のスピーカの中から現時刻に制御に使用する少なくとも1つの制御スピーカを選択する制御スピーカ選択手段と、選択された制御スピーカに応じて前記信号処理手段の信号処理内容を切替える信号処理切替手段とを備えていることを特徴としている。

【0017】また、請求項5記載の発明は、騒音発生源における騒音を観測する騒音観測手段と、騒音観測手段で得られた信号を処理する信号処理手段と、複数の制御スピーカを有しており、信号処理手段で信号処理された結果の信号に応じ騒音制御用の二次音を発生する二次音源手段と、予め定められている複数の制御点の中から現時刻に制御対象とする制御点を選択する制御点選択手段と、二次音源手段の複数のスピーカの中から現時刻に制御に使用する少なくとも1つの制御スピーカを選択する制御スピーカ選択手段と、選択された制御点および／または制御スピーカに応じて前記信号処理手段の信号処理内容を切替える信号処理切替手段とを備えていることを特徴としている。

【0018】また、請求項6記載の発明では、請求項3、4または5記載の騒音制御装置において、消音した

い空間を所定の大きさの領域ごとに分割するときに、前記制御スピーカおよび／または前記制御点は、分割された各領域ごとに、その領域の制御を担当するよう少なくとも1つ配置されており、この場合に、前記領域の中から現時刻に制御すべき領域が選出されるときに前記制御点選択手段は、選出された領域を担当する制御点を選択するようになっており、前記制御スピーカ選択手段は、選出された領域を担当するスピーカを選択するようになっていることを特徴としている。

10 【0019】また、請求項7記載の発明では、請求項6記載の騒音制御装置において、前記領域の中から現時刻に制御すべき領域を選出するための位置検出手段がさらに設けられており、該位置検出手段は、装置を使用する人間の位置を検出し、人間の頭部を含む領域を消音すべき領域として選出するようになっていることを特徴としている。

20 【0020】また、請求項8記載の発明では、請求項6記載の騒音制御装置において、隣接した複数の領域についてはこれらの領域に1つの制御スピーカを割当て、これらの領域を該1つの制御スピーカによって共有させるようになっていることを特徴としている。

30 【0021】また、請求項9記載の発明では、請求項3または5記載の騒音制御装置において、制御点が同定制御点と推定制御点とに2分されており、同定制御点に関しては、二次音源部の制御スピーカからのインパルスレスポンスを同定し、推定制御点に関しては、二次音源部の制御スピーカからのインパルスレスポンスを二次音源部の制御スピーカと同定制御点との間のインパルスレスポンスから推定し、それらのインパルスレスポンスをもとに信号処理手段における処理を決定するようになっていることを特徴としている。

40 【0022】また、請求項10記載の発明では、請求項9記載の騒音制御装置において、ある1つの制御スピーカから、ある1つの推定制御点に至るインパルスレスポンスを推定する際に、該推定制御点の周囲にある複数の同定制御点に至るインパルスレスポンスの間で、対応する反射波の振幅と時間遅れを検出し、推定制御点とそれらの同定制御点の位置関係に応じて各反射波に応じた振幅と時間遅れをもったインパルスレスポンスを推定するようになっていることを特徴としている。

【0023】

【作用】請求項1記載の騒音制御装置では、予め定められている複数の制御点候補の中から騒音制御がなされるべき位置に対応した制御点候補を制御点として選択し、選択された制御点に応じて信号処理手段の信号処理を切替える。これにより、騒音制御のなされるべき位置が変動しても、その位置に対応した制御点を選択され、これに応じた信号処理が即座になされるので、位置変動に即座に追従させて消音ゾーンを形成することができる。

50 【0024】また、請求項2記載のように、制御点を選

択するに際し、騒音制御がなされるべき位置を推定し、推定された位置に応じた制御点を制御点候補の中から選び出すようにすれば、騒音制御がなされるべき位置の自由な移動に追従させて消音ゾーンを形成することができる。

【0025】また、請求項3、4、5、6、7記載の発明では、その時刻に必要な範囲だけを制御可能となっており、多数の制御点マイクロホン、制御スピーカが設けられている場合にも、そのうちの一部の制御点マイクロホン、制御スピーカだけが実際に使用される。

【0026】また、請求項8記載の発明では、隣接した複数の領域についてはこれらの領域に1つの制御スピーカを割当て、これらの領域を該1つの制御スピーカによって共有させる。

【0027】また、請求項9、10記載の発明では、制御点が同定制御点と推定制御点とに2分されており、同定制御点に関しては、二次音源部の制御スピーカからのインパルスレスポンスを同定し、推定制御点に関しては、二次音源部の制御スピーカからのインパルスレスポンスを二次音源部の制御スピーカと同定制御点との間のインパルスレスポンスから推定し、それらのインパルスレスポンスをもとに信号処理手段における処理を決定する。

【0028】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。図1は本発明に係る騒音制御装置の一実施例の構成図である。図1を参照すると、この実施例の騒音制御装置には、騒音発生源50の地点において騒音の原因信号を観測し電気信号 $x(n)$ に変換するマイクロホン等の騒音観測部1と、騒音観測部1で得られた電気信号 $x(n)$ に対して例えば適切なデジタルフィルタにより信号処理を施し、例えば電気信号 $x(n)$ の位相、振幅を処理する信号処理部2と、信号処理部2により信号処理された結果の信号 $s(n)$ に応じた二次音を発生するスピーカ等の二次音源部3と、予め定められた複数の制御点候補P1乃至Pmのいずれかに配置され、制御点候補の位置において、騒音発生源50から伝播した騒音 $y(n)$ と二次音源部3から伝播した制御音としての二次音とが合わさった残騒音としての音圧を電気信号に変換し出力信号 $e(n)$ として出力するマイクロホン等の残騒音観測部4と、残騒音観測部4からの出力信号 $e(n)$ に基づき信号処理部2におけるフィルタのフィルタ係数を更新する係数更新部5と、残騒音観測部4を各制御点候補P1乃至Pmにそれぞれ位置決めしたときに各制御点候補P1乃至Pm毎に係数更新されたフィルタ係数が各制御点候補P1乃至Pmに対応させて記憶される係数記憶部6と、騒音制御処理時に各制御点候補P1乃至Pmの中から騒音制御がなされるべき位置に対応した制御点候補を制御点として選択する制御点選択部7と、選択された制御点に応じて信号処理部2の信号処理

を切換える信号処理切替部8とが設けられている。

【0029】なお、騒音観測部1としては、機械等から発生している音波を検知しこれを電気信号に変換するセンサが用いられ、あるいは騒音発生源50からの騒音がモータの回転に伴うものである場合には、騒音観測部1としては、例えば、モータの回転数をそのまま電気的な周波数とする電気信号 $x(n)$ に変換するものが用いられ、あるいは、機械の振動によって騒音が発生している場合には、騒音観測部1としては、振動を電気信号 $x(n)$ に変換する振動ピックアップ等が用いられる。

【0030】また、残騒音観測部4、係数更新部5は、騒音制御処理を実際に行なうに先立って用いられ、係数更新部5は、例えば前述のLMSアルゴリズムにより、残騒音観測部4からの出力信号 $e(n)$ が減少する方向に信号処理部2のフィルタ係数を更新し、これを予め係数記憶部6に記憶させるようになっている。また、信号処理切替部8は、この実施例において具体的には、制御点選択部7によって選択された制御点に対応するフィルタ係数を係数記憶部6から読出し、読出したフィルタ係数を信号処理部2のフィルタのフィルタ係数として設定することにより、信号処理の切替えを行なうようになっている。

【0031】次に、このような構成の騒音制御装置の動作について説明する。なお、信号処理部2にはフィルタとしてデジタルフィルタが用いられているとする。この場合に、この実施例では、騒音制御処理を実際に行なわせるに先立って、各制御点候補P1乃至Pmごとのデジタルフィルタのフィルタ係数を係数更新部5により予め決定しておく。

【0032】すなわち、係数更新部5は、例えば前述したようなLMSアルゴリズム（最小二乗誤差法による係数更新のアルゴリズム）を用いて、残騒音観測部4から出力される出力信号 $e(n)$ の二乗誤差が時刻とともに小さくなるようにフィルタ係数を更新して各制御点候補P1乃至Pmごとのフィルタ係数を予め決定する。例えば、制御点候補P2の位置におけるフィルタ係数は、残騒音観測部4を制御点候補P2の位置に設置したときに、この位置に設定された残騒音観測部4からの出力信号 $e(n)$ が“0”となるように、前述の数3を用いて決定される。

【0033】同様にして、他の制御点候補、例えば制御点候補Pm等の位置におけるフィルタ係数も、残騒音観測部4をこの制御点候補Pm等の位置に設置したときに、この位置に設置された残騒音観測部4からの出力信号 $e(n)$ が“0”となるように、数3を用いて決定される。

【0034】なお、数3を用いて各制御点候補P1乃至Pmごとのフィルタ係数を決定する際には、二次音源部3から各制御点候補P1乃至Pmの位置までの音の伝達

関数 C_1 が必要となるが、この伝達関数 C_1 は、白色雑音などを用いて、例えばLMSなどの既知のシステム同定手法により各制御点候補P1乃至Pmごとに事前に測定しておけば良い。

【0035】このようにして、実際の騒音制御処理に先立ち、残騒音観測部4を各制御点候補P1乃至Pmの位置に順次に設置し、各制御点候補P1乃至Pmごとのフィルタ係数を係数更新部5により決定すると、決定されたフィルタ係数 $w(1)$ 乃至 $w(m)$ は、図1に示すように、各制御点候補P1乃至Pmごとに係数記憶部6に記憶される。

【0036】各制御点候補P1乃至Pmごとのフィルタ係数 $w(1)$ 乃至 $w(m)$ を係数記憶部6に予め記憶させた後、消音動作を実際に行なわせる。この場合、制御点選択部7は、消音がなされるべき制御点を選択する。消音がなされるべき制御点として、例えば、各制御点候補P1乃至Pmの中から制御点候補P1を選択すると、制御点選択部7は、制御点候補P1を選択した旨、信号処理切替部8に与える。

【0037】信号処理切替部8では、選択された制御点に応じて信号処理部2の信号処理を切替える。具体的には、制御点候補P1に対応した最適なフィルタ係数 $w(1)$ を係数記憶部6から読出し、これを信号処理部2、すなわちデジタルフィルタのフィルタ係数として設定する。これにより、二次音源部3からは、制御点候補P1の位置において騒音 $y(n)$ を有効に除去する二次音、すなわち制御音が即座に出力され、制御点候補P1の位置付近を迅速に消音することができる。次に、制御点選択部7が制御点として例えば制御点候補Pmを選択し、消音がなされるべき制御点がP1から例えばPmに移ると、制御点候補Pmに対応した最適なフィルタ係数 $w(m)$ が信号処理部2のフィルタ係数として即座に設定され、これにより、二次音源部3からは、制御点候補Pmの位置において騒音 $y(n)$ を有効に除去する二次音が即座に出力され、制御点候補Pmの位置付近を迅速に消音することができる。

【0038】このように、この実施例では、種々の位置において予め測定され記憶されたフィルタ係数のうちで位置変化に応じて現在の位置に最適なものを選択し信号処理部2のフィルタ係数として設定しているので、消音したい位置が変動しても、その位置変動に追従して消音したい位置に常に消音ゾーンを形成することができる。

【0039】また、この実施例では、騒音制御処理時に、フィルタ係数のLMSアルゴリズム等による繰り返し更新処理を必要とせず、従って、消音したい位置が急に変化するような場合にも、この位置の変動に即座に追従させて信号処理部2の信号処理の内容を切替え、信号処理部2において最適なフィルタ係数を即座に設定することができるので、常に高い消音効果を得ることができる。

【0040】ところで、制御点選択部7は、騒音制御装置が適用される用途等に応じて、種々の構成をとることができる。例えば、シートの位置が段階的に切替わるような自動車内での消音に適用しようとする場合、シートの位置を段階的に切替える手動スイッチとして制御点選択部7を構成することができる。このときには、シートに人間が着座した状態において、シートの段階的な切替位置に応じた人間の頭部の各位置を制御点候補として予め定め、各位置での最適なフィルタ係数を予め決定し記憶させておく。これにより、自動車内において、人間が手動スイッチによりシートの位置を動かし、これに応じて人間の頭部が動くような場合にも、手動スイッチに対応した制御点、すなわち頭部位置が自動的に選択され、この頭部位置の付近に常に消音ゾーンを形成することができる。

【0041】あるいは、使用者の頭部の位置を自動推定して制御点を選択するように制御点選択部7を構成することもできる。図2はこの種の制御点選択部7の構成例を示す図であり、この例では、制御点選択部7は、使用者の頭部の位置を推定する位置推定部40と、位置推定部40によって推定された使用者の頭部の位置に基づき最適な制御点を決定する制御点決定部44とから構成されている。位置推定部40は、具体的には、使用者の頭部付近に装着される超音波スピーカ42と、超音波スピーカ42に超音波出力用の信号を発生する信号発生部41と、所定位置に予め設置され、超音波スピーカ42から出力された超音波を検出する例えば3つの超音波マイクロホン43とを有している。なお図2には、特に実際の騒音制御処理に必要な要素だけが示されており、実際の騒音制御処理時には一般に使用されない残騒音観測部4や係数更新部5は、図2においては図示されていない。

【0042】制御点選択部7が図2のように構成されている場合、人間の頭部付近、例えば耳付近に超音波スピーカ42を装着して信号発生部41から信号としてインパルスを所定の時間毎に発生させると、人間の耳付近に装着された超音波スピーカ42からは所定時間毎に超音波インパルスが出力される。所定位置（例えば人間の頭部よりも空間的に上方）に設置された3つの超音波マイクロホン43では、超音波スピーカ42から出力され空間を伝播した超音波インパルスを検出する。このときに、位置推定部40では、超音波スピーカ42から出力された超音波インパルスが超音波マイクロホン43に到達するまでの伝播時間を測定して、この伝播時間に基づき超音波スピーカ42との間の距離を算出する。ここで、超音波スピーカ42は、3つの超音波マイクロホン43よりも下側に位置しているので、3つの超音波マイクロホン43との間の各距離を用いて、超音波スピーカ42、すなわち人間の耳付近の空間的位置を一意的に決定することができる。

【0043】位置推定部40によって人間の耳付近の位置が推定されると、推定された位置に基づいて、制御点決定部44は、予め設定されている制御点候補 P_1 乃至 P_m のうちで最適な制御点を決定する。例えば、推定された位置に最も近い位置にある制御点候補を最適な制御点として決定し、選択する。

【0044】このようにして、最適な制御点を選択されると、前述したと同様にして、この制御点に対応したフィルタ係数が係数記憶部6から読出されて信号処理部2に設定され、これに基づく二次音源部3からの二次音により、人間の耳付近に消音ゾーンを形成することができる。特に、図2の例では、制御点選択部7は、人間の頭部、例えば耳付近の位置を自動推定し、推定された位置に基づき制御点を選択するようにしているので、人間の頭部の自由な移動に追従して消音ゾーンが形成され、実用上広いエリアが消音できたと同様の効果を得ることが可能となる。

【0045】なお、上述の説明では、超音波スピーカ42から出力される超音波はインパルスであるとしたが、インパルスのかわりに、パースト波やピンクノイズ、ホワイトノイズなどを用いても良い。また超音波発生のかわりに、電波を用いて位置推定を行なっても良い。あるいは、赤外線発生装置を頭部に装着し、赤外線カメラを用いることにより位置を推定することも可能である。

【0046】また、上述の説明では、複数の制御点候補 P_1 乃至 P_m のうちから1つの制御点候補を制御点として選択するようにしているが、処理の都合に応じ、例えば推定された位置に近い2つ以上の制御点候補を制御点として選択するようになっていても良い。

【0047】また、上述の実施例では、説明を簡単にするために、騒音発生源を1箇所とし、二次音源部3、残騒音観測部4をそれぞれ1個づつとしたが、騒音発生源、二次音源部、または残騒音観測部を複数設ける場合にも、本発明を同様にして適用することができる。また、係数更新部5、信号処理切換部7等を信号処理部1内に含めるようにしても良く、係数更新部等を信号処理部1に含めるか否かはあくまでも任意事項であり、本発明にとって本質的なことではない。

【0048】図3は二次音源部に制御スピーカが多数設けられている騒音制御装置の概念図、図4は図3の騒音制御装置の具体的な構成例を示す図である。すなわち、図3、図4においては、さらに、制御点を多数用意し、制御点の個数に比例して二次音源部に制御スピーカを多数設けて広い範囲に消音ゾーンを形成することを意図している。なお、図3、図4においては、図1の係数更新部5等に対応する部分を信号処理部10内に含めている。

【0049】図3を参照すると、この騒音制御装置では、騒音源が1箇所であるとし、 L 個の制御点 P_i ($1 \leq i \leq L$) における音圧を二次音源部の M 個の制御スピー

ーカ SP_i ($1 \leq m \leq M$) を使って制御するようになっている。

【0050】また、図4を参照すると、この騒音制御装置は、騒音観測部9と、信号処理部10と、二次音源部11と、複数の制御点マイクロホン MIC_i ($1 \leq i \leq L$) とを有している。騒音観測部9としては、前述の実施例と同様に、例えば、騒音源マイクロホン201で騒音を検知し、この電気信号をローパスフィルタ202でフィルタリング処理し、A/D変換器203でデジタル信号に変換するようになっている。また、信号処理部10は、長さ I のデジタルFIRフィルタ $W(m) = \{w_i(m)\}$ ($i = 0 \sim I-1$, $1 \leq m \leq M$) の係数を保持する制御フィルタ記憶領域12と、騒音観測部9からの騒音源信号、すなわち電気信号 $x(n)$ を I 時刻分保持する長さ I の騒音源信号記憶領域13と、騒音源信号記憶領域13に蓄えられた騒音源信号 $x(n)$ を制御フィルタ記憶領域12に保持されている各フィルタ $W(m)$ によってフィルタリング処理し、制御信号 $s_i(n)$ を作る制御信号計算回路14と、LMSアルゴリズムにより伝達関数 C を算出するモデリング回路15と、長さ J のモデリングフィルタ C'_m を $L \times M$ 個保持するためのモデリングフィルタ記憶領域16と、騒音源信号記憶領域13の内容とモデリングフィルタ記憶領域16の内容とを用いて、フィルタリング結果 $r_{im}(n)$ を計算する参照信号計算回路17と、 $L \times M$ 個のフィルタリング結果 $r_{im}(n)$ を長さ I 分保持する参照記号記憶領域18と、参照記号記憶領域18の内容、各制御点 P_i に配置された制御点マイクロホン MIC_i からの出力 $e_i(n)$ 、制御フィルタ記憶領域12の内容を用いてフィルタ係数の内容を更新する制御フィルタ更新回路19とを有している。

【0051】また、二次音源部11は、信号処理部10の制御信号計算回路14からの制御信号 $s(n)$ をアナログ信号に変換するD/A変換器20と、D/A変換器20からのアナログ信号に対しフィルタ処理を行なうローパスフィルタ21と、ローパスフィルタ21からの信号を増幅して制御スピーカ SP_i ($1 \leq m \leq M$) に与えるパワーアンプ22とを有している。

【0052】次に、このような構成の騒音制御装置の動作を説明する。信号処理部10には、長さ I のデジタルFIRフィルタ $W(m)$ の係数を保持する制御フィルタ記憶領域12と、騒音源信号 $x(n)$ を過去の I 時刻分だけ保持する騒音源信号記憶領域13とが例えばメモリ内に設けられており、信号処理部10の制御信号計算回路14では、騒音源信号記憶領域13に蓄えられている騒音源信号 $x(n)$ を、制御フィルタ記憶領域12に蓄えられている各フィルタ $W(m)$ によってフィルタリング処理し、目的とする制御信号 $s_i(n)$ を作る。この制御信号 $s_i(n)$ が信号処理部10の出力として二次音源部11に与えられると、二次音源部11では、D/A

13

A変換器20、ローパスフィルタ21、パワーアンプ22で処理した後、制御スピーカSP_iに与え、制御スピーカSP_iにより外界に出力する。

【0053】ところで、信号処理部10におけるフィルタ係数は、例えば、次のような逐次的な更新則によって求められる。いま、各制御点P_iにマイクロホンMIC_iを設置しておき、室内を伝播して時刻nに制御点P_iに到達した騒音をd_i(n)、W(m)の出力地点から制

$$e_i(n) = d_i(n) + \sum_{m=1}^M \sum_j C_j(lm) s_m(n-j)$$

$$s_m(n) = \sum_{i=0}^{I-1} w_i(m) \cdot x(n-i)$$

【0055】制御点での音圧ができるだけ小さくなるような最適なフィルタを求めるためには、次式によって与えられる出力の2乗誤差の和Eを最小化するようにW(m)を決定する。

【0056】

【数5】

$$E(n) = \sum_{i=1}^L E[\{e_i(n)\}^2]$$

【0057】なお、上式において、E[・]は平均を表わしている。数4、数5から、Eはw_i(m)の2次形式とみなせ、2次の係数を決定する行列は半正定値で、※

$$w_i(m, n+1) = w_i(m, n) + \Delta w_i(m, n)$$

$$= w_i(m, n) - \alpha \cdot \partial E(n) / \partial w_i(m)$$

$$= w_i(m, n) - \alpha \cdot \sum_{i=1}^L e_i(n) \cdot$$

【0059】上式において、C(lm)は、音響的なインパルスレスポンスであり、数6によりフィルタ係数を更新するためには、先づC(lm)を事前に何らかの手段により同定しておく必要がある。信号処理部10のモデリング回路15、モデリングフィルタ記憶領域16は、C(lm)の同定を実現するために設けられており、二次音源部11の制御スピーカSP_iに目的としている周波数帯域をカバーする雑音信号を入力し、制御スピーカSP_iから発せられ室内の伝達関数C(lm)を通り制御点P_iに設置されたマイクロホンMIC_iで出力された信号e_i(n)を使うと、モデリング回路15では、LMS法によりC(lm)の測定値であるモデリングフィルタC'(lm)をFIRフィルタとして得て、モデリングフィルタ記憶領域16に格納する。

【0060】モデリングフィルタ記憶領域16に長さJのFIRフィルタ、すなわちモデリングフィルタC'

(lm)が保持され、伝達関数C_{lm}が長さJのFIRフ ★50

14

※御スピーカSP_iで出力されさらに制御点P_iに設置されたマイクロホンMIC_iに至る出力経路のインパルスレスポンスをC_{lm}={C_j(lm)}とおく。このとき、マイクロホンMIC_iの出力e_i(n)は、次式のように与えられる。

【0054】

【数4】

※かつ実用上ほとんどの場合正定値であるので、E(n)を最小にするw_i(m)が唯一存在する。最小値をとるw_i(m)を逐次的に検索するため、Filtered-XLMSアルゴリズムでは、各サンプル毎に、-∂{e(n)²}/∂w_i(m)の方向にw_i(m)の値を更新していく。すなわち、Δw_i(m, n)を時刻nにおけるw_i(m)の更新量とすると、時刻(n+1)におけるw_i(m)は次式によって与えられる。

【0058】

【数6】

$$\sum_j C_j(lm) \cdot x(n-i-j)$$

★フィルタC'_{lm}={C'_j(lm)}(j=1~J-1)によって十分な精度で同定されたとすると、数6を算出するため、先づ、参照信号計算回路17では、騒音源信号記憶領域13の内容とモデリングフィルタ記憶領域16の内容とを用いて、次式の積和計算によりr_{lm}(n)を計算し、参照記号記憶領域18に書き込む。

40 【0061】

【数7】

$$r_{lm}(n) = \sum_{j=0}^{J-1} C'_j(lm) \cdot x(n-j)$$

【0062】次いで、制御フィルタ更新回路19は、上記参照記号記憶領域18の内容と、マイクロホンMIC_iからの出力e_i(n)と、制御フィルタ記憶領域12の内容とを用いて次式を計算し、これにより、フィルタ係数の内容を更新していく。

【0063】

【数8】

$$w_i(m, n+1) = w_i(m, n) - \alpha \cdot \sum_{l=1}^L e_l(n) r_{lm}(n-i)$$

【0064】環境の変化などが差程生ぜず、通常の稼働時にはフィルタ係数を固定して決まった処理を施す場合には、稼働前に上述のフィルタ係数更新を行ない、十分収束したところでこの計算を停止すれば良い。この場合には、信号処理部10は、制御信号計算回路14により数4の $s_i(n)$ のフィルタリング処理のみを行なうことになる。なお、この際には制御点に設置したマイクロホンは取り除いておけば良い。

【0065】これに対し、稼働時に音響的な環境変化が予測される場合には、稼働時にもフィルタ係数の更新が必要となるため、制御信号計算回路14による数4の $S_i(n)$ の計算とともに、これと並行して、参照信号計算回路17による数7の計算と制御フィルタ更新回路19による数8の計算が行なわれることになる。

【0066】このように、図4の騒音制御装置では、制御点、制御スピーカを多数用い、デジタルフィルタによるフィルタリング演算を行なうことによって、広い範囲に消音ゾーンを形成することができて、広い範囲にわたって形成された消音ゾーンによって、騒音制御のなされるべき位置が多少変動するような場合にも、消音効果を得ることができる。

【0067】しかしながら、図4の装置により広い範囲の消音ゾーンを形成する場合、制御に必要なフィルタリング演算の量は、制御点の個数と制御スピーカの個数との積のオーダーで増加し、また、デジタルフィルタによるフィルタリング演算は多数の積和演算を必要とする。このため、制御点、制御スピーカを多数用いると、演算量が膨大なものとなり、またハードウェア規模が非常に大きくなるという問題がある。

【0068】より具体的には、図4の装置における演算量は、制御信号計算回路14での制御信号 $s_i(n)$ の計算(数4)に長さIのフィルタリングをM個を必要とし、また、フィルタ係数更新時には、数7の $r_{li}(n)$ の計算に長さJのフィルタリングを $L \times M$ 個必要とし、また、数8の $W(m)$ の更新に長さIの積和演算を $L \times M$ 個必要としており、合計すると、長さIの積和が $M \times (L+1)$ 回、長さJの積和が $L \times M$ 回必要となる。従って、制御点の個数Lと制御用スピーカの個数Mが増大すると、その積のオーダーで演算量は増加していくことになる。特に $I=J$ のときには、長さIの積和演算を $(2L+1) \cdot M$ 回実行する必要がある。これらの演算はリアルタイムに行なわれる必要があるため、M、Lが非常に大きい場合には、ハードウェアコストが莫大になって、現実的な制御装置を構築できない。すなわち、消音効果を得るためには、その音場に適合し、しかも高い精度で制御音の位相と振幅を制御しなければならないため、デジタル信号処理を使う必要が生じるが、デジタルフィルタによるフィルタリング演算は多数の積和演算を

必要とするので、制御点、制御スピーカの個数が増加するとハードウェアコストが莫大になってしまう。また、制御点、制御スピーカの個数が多くなった場合には、初期あるいは各段階で行なわれるC'の同定の際に、多数の制御点に個々にマイクロホンを設置する必要があるため、非常に手間がかかるという問題も生じる。

【0069】本願の発明者は、図4の装置を改良し、実用的なハードウェア規模で、かつ同定に手間をかけずに広い範囲を消音可能な騒音制御装置をさらに案出した。

【0070】図5はこのような騒音制御装置の第1の構成例を示す図である。図5の騒音制御装置では、図4の騒音制御装置と同様に複数の制御点と複数の制御スピーカとが設けられているが、図4の騒音制御装置の構成に対し、消音がなされるべき領域を検出する位置検出部26と、複数の制御点の中から現時刻に制御対象とする1個または複数の制御点を選択する制御点選択部24と、複数の制御スピーカの中から現時刻に使用する1個または複数の制御スピーカを選択する制御スピーカ選択部25とが設けられている。

【0071】より具体的には、消音したい空間を適当な大きさの領域に分割し、分割した領域の各々に対し、その領域の制御を1個または複数の制御スピーカに担当させ、また、その領域の制御を1個または複数の制御点に担当させるようにしている。この場合、制御点選択部24は、上記領域の中から現時刻に制御すべき領域を選び出し、選び出された領域を担当する制御点を選択するよう構成され、また、制御スピーカ選択部25は、選び出された領域を担当する制御スピーカを選択するよう構成されている。すなわち、制御点選択部24には、図6(a)に示すように、各領域に対してその境界を形作る座標条件を保持する領域条件保持部27と、領域の番号が与えられたときにその領域の制御を担当する制御点の番号を信号処理部10に返す制御点番号換算テーブルまたは制御点番号換算式計算回路28とが設けられている。また、制御スピーカ選択部25も、図6(b)に示すように、制御点選択部24と同様の領域条件保持部29と、領域の番号が与えられたときにその領域の制御を担当する制御スピーカの番号を信号処理部10に返す制御スピーカ番号換算テーブルまたは制御スピーカ番号換算式計算回路30とが設けられている。

【0072】次に、図5の構成の騒音制御装置の動作について図7を用いて説明する。図7は消音したい空間の一例を示す図である。ここでは、消音したい空間として、室内のある一定の高さの2次元平面を考え、この2次元空間に仮想的なX-Y座標系を設定しておく。これを一定の間隔でメッシュ切りし、正方形の領域に分割する。分割された各領域の制御を担当する制御点は、その領域の頂点4個とする。これら領域を 3×3 の9個づつ

集めた正方形の各頂点の上方部ULに制御スピーカを設置し、この9個の領域RGの制御を担当する制御スピーカとする。なお、上記領域分割法や、制御点、制御スピーカの設定法は、あくまで一例であって、他の設定法を取る場合にも、以下に述べる手法はほぼそのまま適用可能である。

【0073】以下、ある一つの領域の制御を担当する制御点の数を M' 個、制御スピーカの数を L' 個と書くことにする。いまの場合、 $M' = L' = 4$ である。

【0074】設定された領域の総数を T 個、制御点の総数を L 個、制御スピーカの総数を M 個とおき、領域の通し番号を t ($1 \leq t \leq T$)、制御点を P_l ($1 \leq l \leq L$)、制御スピーカを SP_m ($1 \leq m \leq M$) で表わすことにし、また特に一つの領域に着目した場合には、領域 t の制御を担当する制御点を $P(t, \mu)$ ($1 \leq \mu \leq L'$)、領域 t の制御を担当する制御スピーカを $SP(t, \nu)$ ($1 \leq \nu \leq M'$) という記法で表わす。また、信号処理部10は、騒音源信号を受け取る1個の入力端子NSと、場合に応じ制御点に設置されるマイクロホンの出力を受け取る L' 個の入力端子 μ ($1 \leq \mu \leq L'$) と、いずれかの制御スピーカに接続される M' 個の入力端子 ν ($1 \leq \nu \leq M'$) とを有しているとする。

【0075】信号処理部10が行なう制御用のフィルタリングは、領域 t 毎に固有の処理を行なう必要があるので、フィルタ係数は、各 (t, ν) ($1 \leq t \leq T, 1 \leq \nu \leq M'$) 毎に保持する必要がある。そこで、領域 t の制御を担当するスピーカ $SP(t, \nu)$ から出力される信号を作るフィルタ係数を $W(t, \nu) = \{w_i(t, \nu)\}$ ($i = 0 \sim I-1$) と書くことにする。 $W(t, \nu)$ ($1 \leq t \leq T, 1 \leq \nu \leq M'$) は (t, ν) のイン

デックスによりアクセス可能な制御フィルタ記憶領域12に保持される。

【0076】制御点選択部24および制御スピーカ選択部25は、その領域条件保持部27、29に、各領域に対してその境界を形作るX座標、Y座標の条件を保持しておく。例えば、いまの例では、領域 t が、 $a_t \leq X \leq b_t$ かつ $c_t \leq Y \leq d_t$ という条件で定まっているとすれば、 $\{(a_t, b_t), (c_t, d_t)\}$ というデータを領域条件保持部27、29に格納しておく。

【0077】また制御点選択部24の制御点番号換算テーブルまたは制御点番号換算式計算回路28は、領域の通し番号 t が与えられたときに、領域 t の制御を担当する制御点 $P(t, \mu)$ ($1 \leq \mu \leq L'$) の通し番号1

($1 \leq l \leq L$) を返すものとし、また、制御スピーカ選択部の制御スピーカ番号換算テーブルまたは制御スピーカ番号換算式計算回路30は、領域の通し番号 t が与えられたときに、領域 t の制御を担当する制御スピーカ $SP(t, \nu)$ ($1 \leq \nu \leq M'$) の通し番号 m ($1 \leq m \leq M$) を返すものとする。

【0078】先づ、信号処理部10は、初期化段階にお

いて次の処理を行なう。すなわち、信号処理部10は、帯域制限された白色雑音など、制御する騒音の周波数帯域を含んだ信号を、自らが持つ信号発生回路(図示せず)によって発生させ、ある一つの制御スピーカ SP_l から出力させる。制御点 P_l ($1 \leq l \leq L$) にはマイクロホンMIC_lを設置しておき、制御スピーカ SP_l から出力され外界を伝達した音響信号を捕える。モデリング回路15は、制御スピーカ SP_l から出力された信号と、MIC_lの出力信号とを受け取り、前述したLMSなどの方法により、伝達関数 C'_l を算出する。伝達関数 C'_l が各 l, m について算出されると、それらの結果は、信号処理部10が保有するモデリングフィルタ記憶領域16に、 (l, m) のインデックスによりアクセス可能な状態で書き込まれ保持される。

【0079】次いで、制御中には、領域 t の選択が以下のようにしてなされる。すなわち、位置検出部26は、例えば、装置を使用する人間の頭部の位置を検出すると、その位置検出情報を制御点選択部24と制御スピーカ選択部25とに渡す。いまの例の場合、消音したい空間が2次元の空間なので、この2次元空間に設定されているX-Y座標を制御点選択部24と制御スピーカ選択部25に渡す。なお、位置検出は図2を用いて説明したように超音波を用いて行なうこともできるし、あるいは、耳の付近や頭頂部などに赤色光源を装着し点灯しておき、消音したい空間全域を映しだすように設置されたT・VカメラによってRGB出力を取得し、このうち、赤色(R)出力をA/D変換して多値デジタル画像を得て、この画素中、値が一定の閾値以上の画素を検出することにより、赤色光源の位置すなわち人間の頭部の位置を検出するようになっていても良い。

【0080】制御点選択部24は、領域条件保持部27に格納された各領域の境界条件 $(a_t, b_t), (c_t, d_t)$ を読み出し、位置検出部26が求めた座標値 (X, Y) に対し、 $a_t \leq X \leq b_t, c_t \leq Y \leq d_t$ の不等式評価を行ない、これが真であれば、この t を制御すべき領域の番号として得る。制御スピーカ選択部25も、制御点選択部24と全く同様の方法により制御すべき領域の番号 t を得る。

【0081】このようにして、制御したい領域 t が制御点選択部24と制御スピーカ選択部25とにより選択されると、これは信号処理部10に渡される。また、制御点選択部24は、領域 t の制御を担当する制御点のインデックス (t, μ) ($1 \leq \mu \leq L'$) を、制御点番号換算テーブルによって、通し番号 $l(1), l(2), l(3), l(4)$ に変換し、これを信号処理部10に渡す。同様に、制御スピーカ選択部25は、領域 t の制御を担当する制御スピーカのインデックス (t, ν) ($1 \leq \nu \leq M'$) を、制御スピーカ番号換算テーブルによって、通し番号 $m(1), m(2), m(3), m(4)$ に変換し、制御スピーカ $SP_{m(t)}$ を信号処理部10の出力端子 ν に

接続する。また、上記通し番号 μ を信号処理部10に渡す。

【0082】信号処理部10は、長さIの騒音源信号記憶領域10を有しており、ここに $x(n)$ 、 $x(n-1)$ 、 \dots 、 $x(n-I+1)$ というデータを格納している。制御信号計算回路14は、このデータを、与えられた領域番号 t に従って制御フィルタ記憶領域12から読み出した $W(t, v)$ によって、次式のようにフィルタリングし、それぞれ出力端子 v を通して制御スピーカ $SP(t, v)$ から外界に出力する。

【0083】

【数9】

$$s_{\mu v}(n) = \sum_{i=0}^{I-1} w_i(t, v) \cdot x(n-i)$$

【0084】なお、この際、上記フィルタ係数 $W(t, v)$ としては、適切に制御効果が得られるものを設計する必要があり、その設計法を次に述べる。

$$r_{\mu v}(n) = \sum_{j=0}^{J-1} C'_{j\mu}(t, v) \cdot x(n-j)$$

【0087】さらに、入力端子 μ を通して得たMIC $i(\mu)$ の出力 $e_{i(\mu)}(n)$ とを用い、制御フィルタ更新回路19は $w_i(t, v; n+1)$ を次式のように計算

$$w_i(t, v; n+1) = w_i(t, v; n) - \alpha \sum_{\mu=1}^{L'} e_{i(\mu)}(n) r_{\mu v}(n-i)$$

【0089】この結果は、制御フィルタ記憶領域12に書き込まれ、これにより $W(t, v)$ ($1 \leq v \leq M'$)を徐々に適正化することができる。

【0090】固定的な制御の場合には、上記の処理を装置の初期化段階で行ない、十分収束させ、制御中は、制御フィルタ記憶領域12の内容を固定しておく。また、適応的な制御を行なう場合には、制御状態中も継続的に上記処理を行なう。なお、適応的な場合には制御中にも制御点にマイクロホンを設置しておく。また、上記の処理では、領域 t を一つ固定して説明した。この t は、初期化段階の場合には、 $1 \leq t \leq T$ を順に巡っていくものであり、適応制御における制御状態中の場合には、選択された制御対象とする領域のインデックスである。

【0091】このように図5の騒音制御装置では、位置検出部26によって消音したい領域（例えば人間の位置）を検出し、その時刻に必要な範囲だけを制御するようにしているので、多数のマイクロホン、スピーカが設けられているときにも、少数のマイクロホン、スピーカによる制御が可能となり、広範囲の消音が可能であるにもかかわらず、演算量、ハードウェア量を大幅に少なくすることができる。

【0092】なお、上記の例では、領域を基礎とした選択となっているが、必ずしもこの手法によらずとも良い。例えば、ある地点の近傍のみに高い消音効果を得た

*【0085】先づ、初期化段階では、上述の制御信号の作成方法と全く同一の処理を行ない、制御音をスピーカ $SP(t, v)$ ($1 \leq v \leq M'$)から発生させておく。制御点選択部24は上述の処理に加えて、マイクロホンMIC $i(\mu)$ の出力を信号処理部10の入力端子 μ に接続する。信号処理部10は、制御点選択部24から与えられた制御点の通し番号(1(1), 1(2), 1(3), 1(4))と制御スピーカ選択部25から与えられた制御スピーカの通し番号(m(1), m(2), m(3), m(4))とを使って、モデリングフィルタ記憶領域16から読み出した $C'_{i(\mu)m(v)}$ の内容と騒音源信号記憶領域13の内容とを用いて、数7、数8と同様に、 $r_{\mu v}(n)$ 、 $w_i(t, v; n+1)$ を計算する。すなわち、参照信号計算回路17は、次式により $r_{\mu v}(n)$ を計算する。

【0086】

【数10】

※する。

【0088】

【数11】

いときには、その地点のすぐ側の制御点を選択することも可能である。また、これと反対に、消音効果は差程高くなくとも良いかわりにある程度広い範囲で消音したい場合には、その範囲にまばらに配置された制御点を選択することも可能である。

【0093】また、上記の例では、制御点選択部24と制御スピーカ選択部25との両者が設けられているが、これらのいずれか一方のみを設けた構成も可能である。すなわち、上記の例では、制御点、制御スピーカ共に複数設けられている場合を想定したが、本発明は、制御点または制御スピーカのいずれか一方が複数個設けられている場合に適用するときにも、その効果を奏するものであり、従って、制御点は1点だけで制御スピーカを選択可能に構成することもできるし、制御スピーカは1個だけで制御点を選択可能に構成することもできる。

【0094】また、分割された領域の各々に対して制御スピーカを用意する場合において、各領域に対して別々にスピーカを使用すると、 $T \times M'$ 個のスピーカが必要となり、 T が大きい場合にはスピーカの個数が増加し、配置する際の物理的問題やコスト面での問題が生じる。これに対し、図6に示すように、正方形の頂点に制御スピーカを配置し、隣接し合う正方形については制御スピーカを共有させ、一つの制御スピーカにより複数の領域の制御を兼務させれば、さらに制御スピーカの個数を削

減することができ、また、制御スピーカを設置する際の手間等を低減することができる。

【0095】また、例えば、固定された座席を移動させる場合のように、人間の變動位置が教箇所のみに限定されている環境下では、移動する毎に人間が手動スイッチによって制御すべき領域を選ぶことも可能であり、この場合には、図4の位置検出部26によらずとも、あるいはこれが設けられていなくても領域を選ぶことができる。

【0096】また、位置検出部26が設けられている場合において、消音したい空間内に人間が存在しないことを検知する機構をこの位置検出部26にさらに設けることも可能である。この検知機構は、例えば、位置検出部26が前述のようにTVカメラを用いる場合には、赤色光源の画像中でのレベルをあらかじめ保持しておき、これとの差が一定の閾値以内の画素が画像中に存在しないか、検出された人間の位置が対象とする空間の外であるときに、人間が存在しないと判定し、その旨の信号を信号処理部10に与えるように構成することができる。また、超音波を用いる場合には、空間内に設置された超音波受信機が定められた周波数の超音波を検知しないか、検出された人間の位置が対象とする空間の外であるときに、人間が存在しないと判定し、その旨の信号を信号処理部10に与えるよう構成することができる。また、人間が存在しない旨の信号が位置検出部26から送られるときには、その時刻におけるフィルタリング演算を行わず、スピーカに“0”を出力するように信号処理部10を構成することができる。これにより、無駄な音波の発生を防止し、スピーカを駆動するパワーアンプを初めとする装置類の消費電力コストを抑えることができる。

【0097】図8は図4の装置を改良し、実用的なハードウェア規模でかつ手間をかけずに広い範囲を消音可能な騒音制御装置の第2の構成例を示す図である。なお、図4と対応する箇所には同じ符号を付している。図8の騒音制御装置では、図4の騒音制御装置と同様に複数の制御点と複数の制御スピーカとが設けられているが、図8の騒音制御装置では、その信号処理部101の構成が図3の騒音制御装置の信号処理部10と異なっている。すなわち、図8の騒音制御装置の信号処理部101は、制御フィルタ記憶領域12と、騒音源信号記憶領域13と、制御信号計算回路14と、モデリング回路15と、モデリングフィルタ記憶領域16と、参照信号計算回路17と、参照記号記憶領域18と、制御フィルタ更新回路19と、モデリングフィルタ推定回路102と、騒音経路算出回路103と、擬似騒音計算回路104と、騒音経路記憶領域105とを有している。

【0098】また、図8の騒音制御装置において、制御点は、図9のように配置されているものとし、黒丸で示された同定制御点BPと、白丸で示された推定制御点CPとに分けられている。この例では説明の簡単のため

に、推定制御点CPはそれを挟んで対抗する2個の同定制御点BPの中点に存在するものとする。ある推定制御点を P_0 とし、これに隣接した4つの同定制御点を P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 とする。なお、ここに示した制御点の配置法は、あくまで一例であって本発明にとっては必要な事項ではない。

【0099】この図8の騒音制御装置の特徴は、初期化段階に行なわれるモデリングフィルタ C' の同定の仕方にある。すなわち、図8の騒音制御装置では、先づ、同定制御点 P_i ($1 \leq i \leq 4$) のみにマイクロホン MIC_i を設置する。信号処理部101は、モデリング回路15において、同定制御点 P_i に設置されたマイクロホン MIC_i ($1 \leq i \leq 4$) とスピーカ SP_j との間のインパルスレスポンス $C'_{ji} = \{C'_{ji}(1m)\}$ ($j=1 \sim J-1$) を、前述したと全く同様の仕方で同定する。その後、モデリングフィルタ推定回路102は、推定制御点CPに関するインパルスレスポンスを推定して決定する。

【0100】いま、モデリング回路15において同定したインパルスレスポンス C'_{ji} が例えば図10のようなものであったとする。インパルスレスポンス C'_{ji} は、制御スピーカ SP_j からインパルスを出したときに、制御点 P_i に伝わる音波を表わしたものであるから、図10における波形は、各制御点 P_i に到来してきた反射波に対応する。そこで、モデリングフィルタ推定回路102は、 $\{C'_{ji}(1m)\}$ と $\{C'_{ji}(3m)\}$ とを比較し、両者で対応する反射波の成分を抽出するために、次式の評価関数 E を用いて、 $\{j1\}$ と $\{j3\}$ との対応付けを行なう。

【0101】

【数12】

$$E = [j1 \cdot C'_{ji}(1m) - j3 \cdot C'_{ji}(3m)]^2$$

【0102】この対応付けには、DPマッチングなどの方法を用いればよい。なお、数12において j を各値に乗じてあるのは、音波の減衰が距離に反比例するというモデルで正規化したためである。対応が付いた組合せは、 $(j0, j3)$ の組としてテーブルに保持しておく。 P_0 に対応するインパルスレスポンス $C'_{j0}(0m)$ を作るために、ある $j0$ に対して、

【0103】

$$\text{【数13】 } j0 = (j1 + j3) / 2$$

【0104】を満たす組 $(j1, j3)$ を上記テーブルの中から求める。この添字は、 P_0 が P_1 と P_3 の中点にあるため、ちょうど時間遅れが両者の真ん中に来るように取ったものである。このような組がテーブル中に複数存在するときには、 $j1$ の値が最小のものを選ぶなど何らかの方法によりどれか一つを選んでおく。以上の操作により、 $j0$ に対して、 $(j1, j3)$ の組がただ一つ定まる。 $\{C'_{j2}(2m)\}$ と $\{C'_{j4}(4m)\}$ に対しても全く同様の操作を行ない、 $j0$ に対して、 $(j2,$

j 4) の組をただ一つ定めておく。このように定められた組 (j 1, j 3), (j 2, j 4) を用いて、{C' _j (0 m)}

$$C'_{j_0} (0 m) = [(j_0 / j_1) \cdot C'_{j_1} (1 m) + (j_0 / j_2) \cdot C'_{j_2} (2 m) + (j_0 / j_3) \cdot C'_{j_3} (3 m) + (j_0 / j_4) \cdot C'_{j_4} (4 m)] / 4$$

【0106】上式は、各々の同定制御点BPから推定された値を平均したものである。モデリングフィルタ推定回路102は、モデリングフィルタ記憶領域16に、上のよう

【0107】また、騒音経路算出回路103は、初期化段階において、騒音源信号x(n)と同定制御点BPに設置されたマイクロホンMIC_iの出力を用いて、LMS法などの方法により、騒音源から各制御点P_iに至るインパルスレスポンスG_i={g_i(1)}(i=0~I-1)を同定し、騒音経路記憶領域105に書き込む。次いで、騒音経路算出回路103は、推定制御点に対し、上述のC'の推定と全く同様の仕方で、{g_i(1)}を推定し、騒音経路記憶領域105に書き込む。 ※

$$e'_{i_1}(n) = d'_{i_1}(n) + \sum_{m=1}^M \sum_{j=0}^{J-1} c'_{j_1}(1m) s_m(n-j)$$

$$d'_{i_1}(n) = \sum_{i=0}^{I-1} g_i(1) \cdot x(n-1)$$

【0112】図8の騒音制御装置においては、制御フィルタ更新回路19は、以上のように算出されたe' _i (n)を用い、次式の更新則により、フィルタ係数W_i ★

$$w_i(m, n+1) = w_i(m, n) - \alpha \sum_{l=1}^L e'_{i_1}(n) \cdot r_{i_1 l}(n-1)$$

【0114】そして、この値が十分収束したところでこれらの処理を停止し、制御フィルタ記憶領域12の内容を固定し、制御段階に入る。

【0115】このように、図8の騒音制御装置では、装置の初期化段階に行なう必要があるマイクロホンを設置してのインパルスレスポンスの同定の手間を省くことができる。すなわち、推定制御点においては、マイクロホンを実際に設置してインパルスレスポンスを実際に同定せずとも、推定がなされるので、C'の同定の手間を軽減することができ、その結果、装置の実用面での簡便性を向上させることができる。

【0116】なお、図8の例においても、図4の例と同様に、制御点、制御スピーカ共に複数設けられている場合を想定したが、前述したように、制御点は1点だけで制御スピーカが複数個設けられている場合、あるいは、制御点が複数設けられているが制御スピーカは1個だけの場合にも、本発明を適用することができる。

* たがって推定する。

【0105】

【数14】

※む。

【0108】擬似騒音計算回路104は、上記のようにして騒音経路記憶領域105に書き込まれた{g_i(1)}に基づき、制御用フィルタ係数を決定する際のマイクロホン出力e' _i (n)を次のようにして算出する。すなわち、P_iが同定制御点のときには、次式のように、マイクロホンからMIC_iの出力e_i(n)をマイクロホン出力e' _i (n)としてそのまま用いる。

【0109】

【数15】e' _i (n) = e_i (n)

【0110】これに対し、P_iが推定制御点のときには、次式のようにして、推定制御点での仮想的なマイクロホン出力e' _i (n)を算出する。

【0111】

【数16】

★を逐次的に計算していく。

【0113】

【数17】

【0117】また、上述した実施例の騒音制御装置は、工場や居室で、機械装置などが騒音を発生している環境において使用されるとき、人間の作業範囲程度の広い空間の騒音を低減させることができ、さらに、室内において用いる騒音制御装置付きデスクや騒音制御装置付きパーティションなどにも応用することができる。

【0118】

【発明の効果】以上に説明したように請求項1記載の発明によれば、予め定められている複数の制御点候補の中から騒音制御がなされるべき位置に対応した制御点候補を制御点として選択し、選択された制御点に応じて信号処理手段の信号処理を切替えるようにしているので、騒音制御のなされるべき位置が変動しても、その位置に対応した制御点を選択されこれに応じた信号処理が即座になされて、位置変動に即座に追従し消音ゾーンを形成することができる。

【0119】また、請求項2記載の発明では、制御点を

選択するに際し、騒音制御がなされるべき位置を推定し、推定された位置に応じた制御点を制御点候補の中から選び出すようにしているの、騒音制御がなされるべき位置の自由な移動に追従させて消音ゾーンを形成することができる。

【0120】また、請求項3、4、5、6、7記載の発明によれば、その時刻に必要な範囲だけを制御可能となっており、多数の制御点マイクロホン、制御スピーカが設けられている場合にも、そのうちの一部の制御点マイクロホン、制御スピーカだけが実際に使用されるので、演算量を抑え、ハードウェア規模を抑えることができる。

【0121】また、請求項8記載の発明によれば、隣接した複数の領域についてはこれらの領域に1つの制御スピーカを割当て、これらの領域を該1つの制御スピーカによって共有させるようになっているので、制御スピーカの個数を低減でき、さらに制御スピーカの設置上の問題点を低減することができる。

【0122】また、請求項9、10記載の発明によれば、制御点が同定制御点と推定制御点とに2分されており、同定制御点に関しては、二次音源部の制御スピーカからのインパルスレスポンスを同定し、推定制御点に関しては、二次音源部の制御スピーカからのインパルスレスポンスを二次音源部の制御スピーカと同定制御点との間のインパルスレスポンスから推定し、それらのインパルスレスポンスをもとに信号処理手段における処理を決定するようになっているので、装置の初期化段階時に必要な制御点マイクロホンを設置してのインパルスレスポンスの同定の手間を軽減し、装置の実用面での簡便性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る騒音制御システムの一実施例の構成図である。

【図2】制御点選択部の構成例を示す図である。

10

*【図3】二次音源部に多数の制御スピーカが設けられている騒音制御装置の概略図である。

【図4】図3の騒音制御装置の具体的な構成例を示す図である。

【図5】図4の騒音制御装置をさらに改良した騒音制御装置の第1の構成例を示す図である。

【図6】(a)、(b)はそれぞれ制御点選択部、制御スピーカ選択部の構成例を示す図である。

【図7】図5の騒音制御装置の動作を説明するための図である。

【図8】図4の騒音制御装置をさらに改良した騒音制御装置の第2の構成例を示す図である。

【図9】図8の騒音制御装置の動作を説明するための図である。

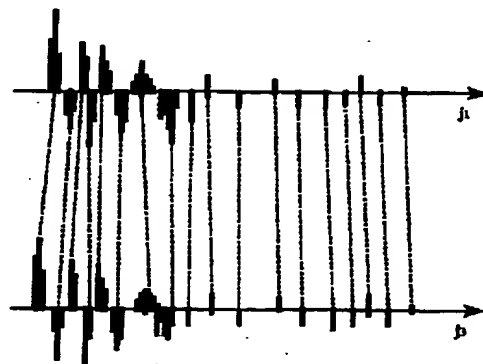
【図10】モデリング回路において同定したインパルスレスポンスの一例を示す図である。

【図11】従来の騒音制御システムの構成例を示す図である。

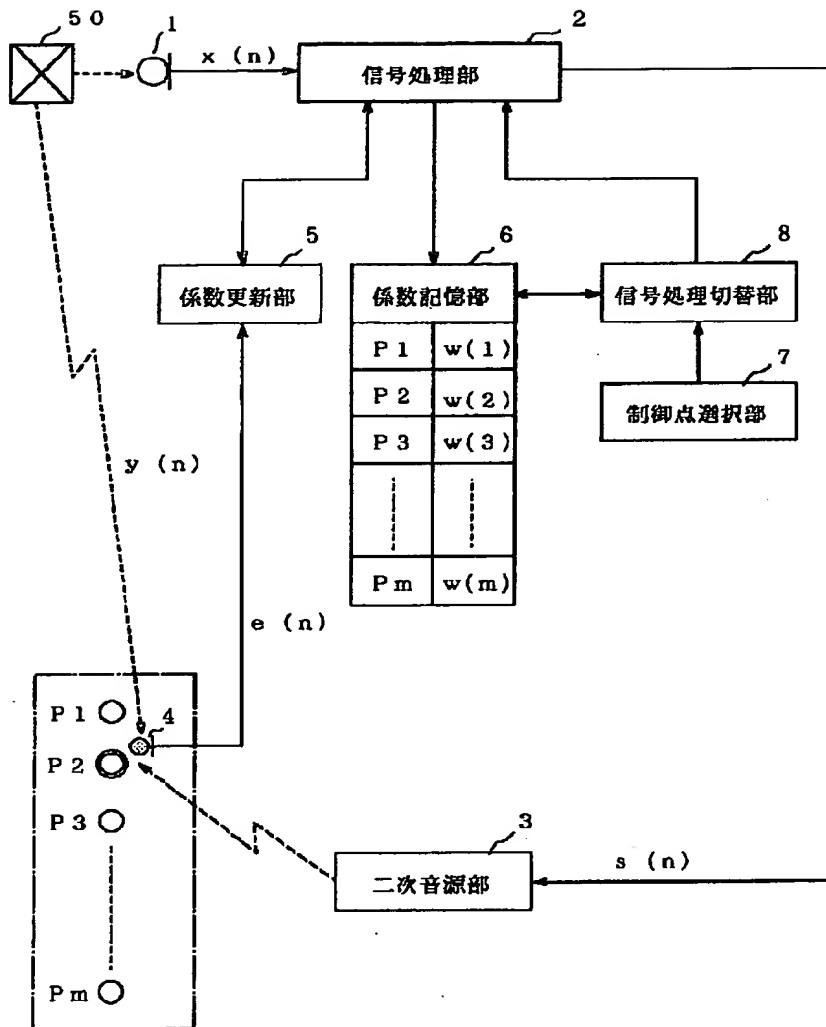
【符号の説明】

- | | |
|--------|-----------|
| 1 | 騒音観測部 |
| 2 | 信号処理部 |
| 3 | 二次音源部 |
| 4 | 残騒音観測部 |
| 5 | 係数更新部 |
| 6 | 係数記憶部 |
| 7 | 制御点選択部 |
| 8 | 信号処理切替部 |
| 40 | 位置推定部 |
| 41 | 信号発生部 |
| 42 | 超音波スピーカ |
| 43 | 超音波マイクロホン |
| 44 | 制御点決定部 |
| P1乃至Pm | 制御点候補 |

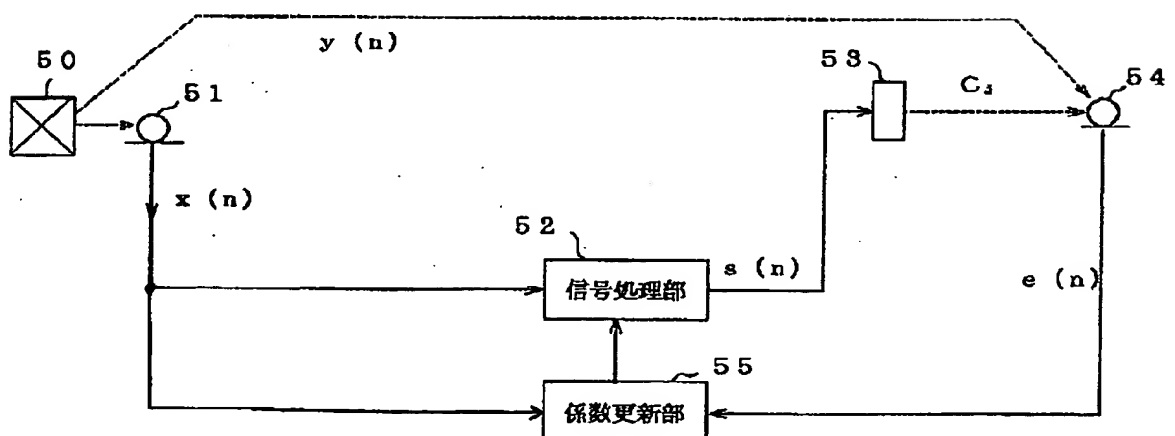
【図10】



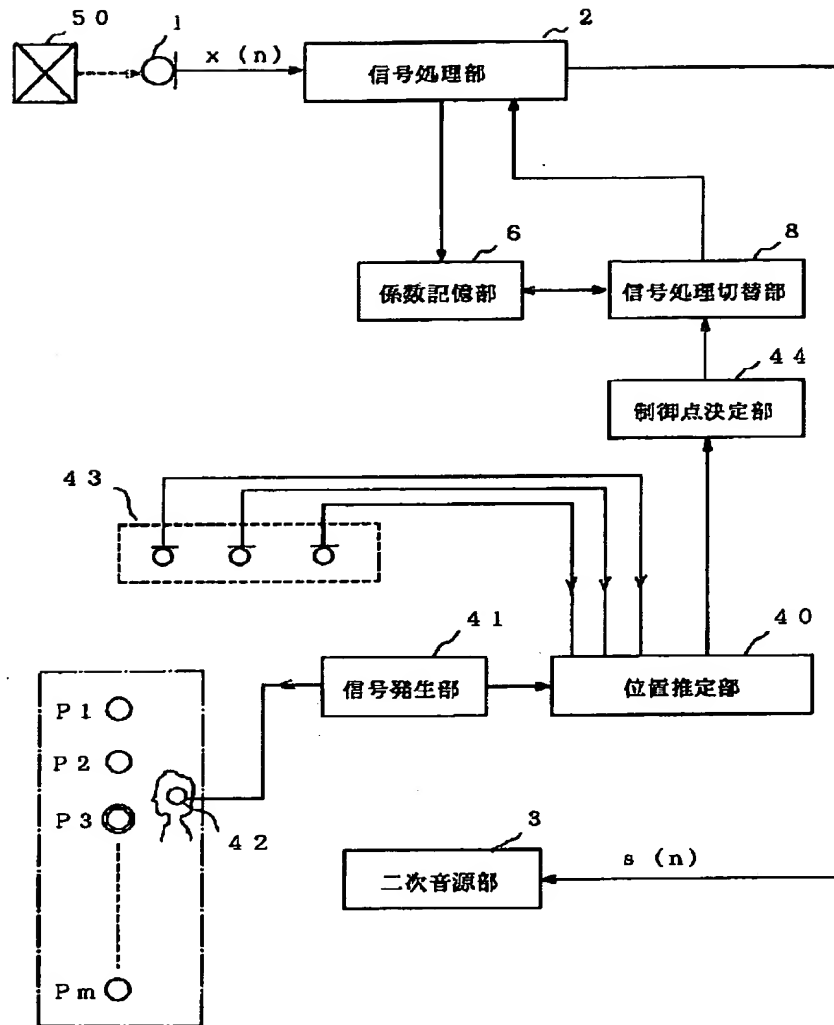
【図1】



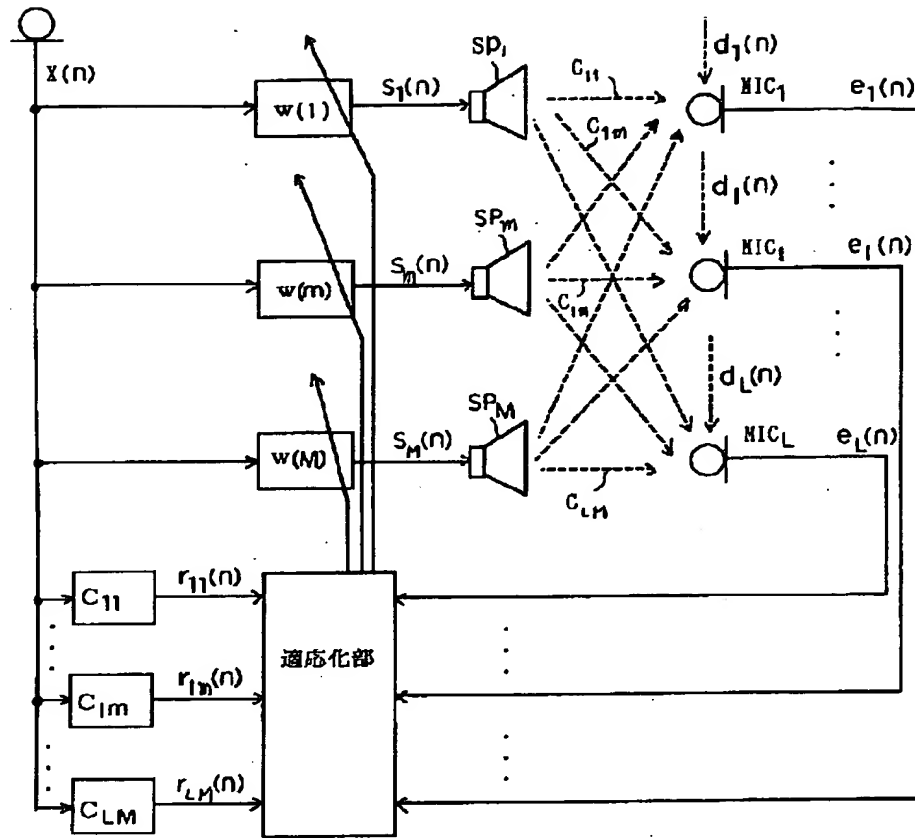
【図11】



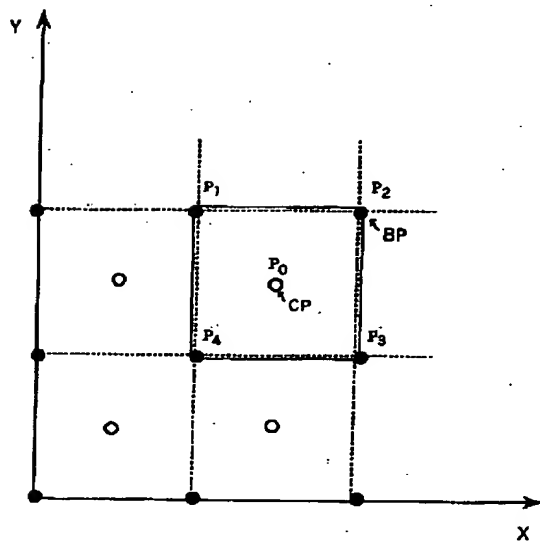
【図2】



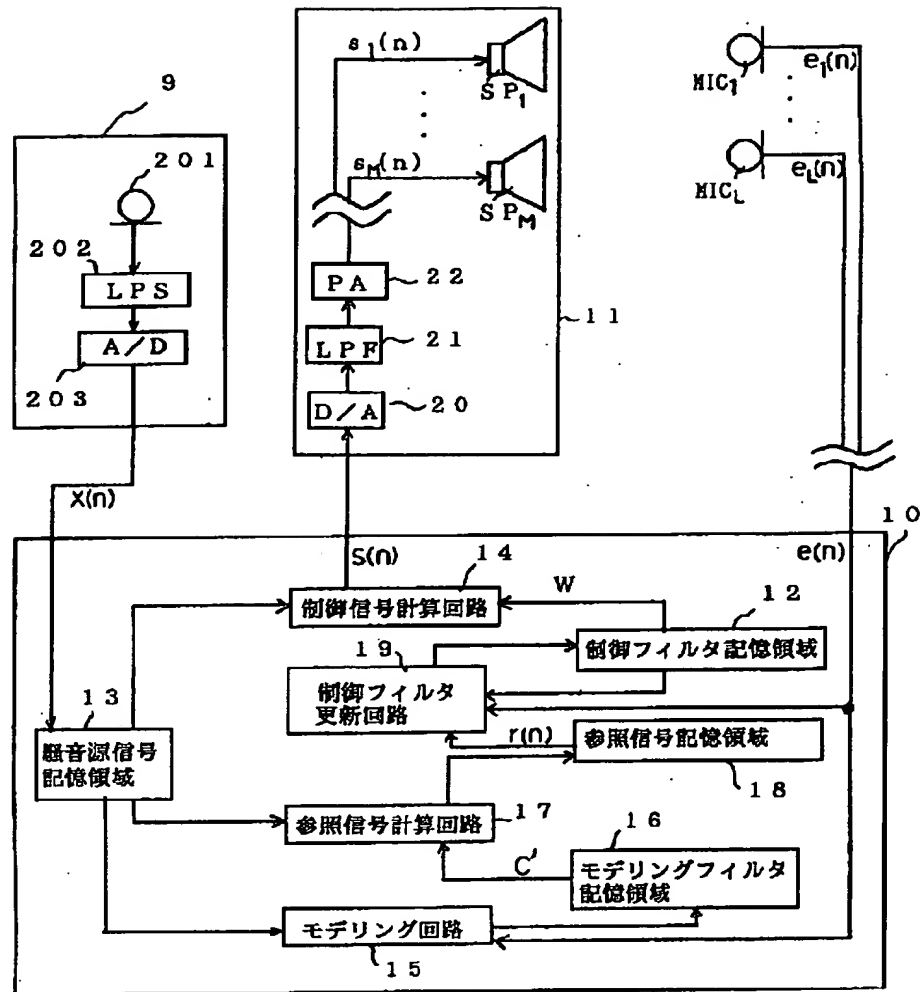
【図3】



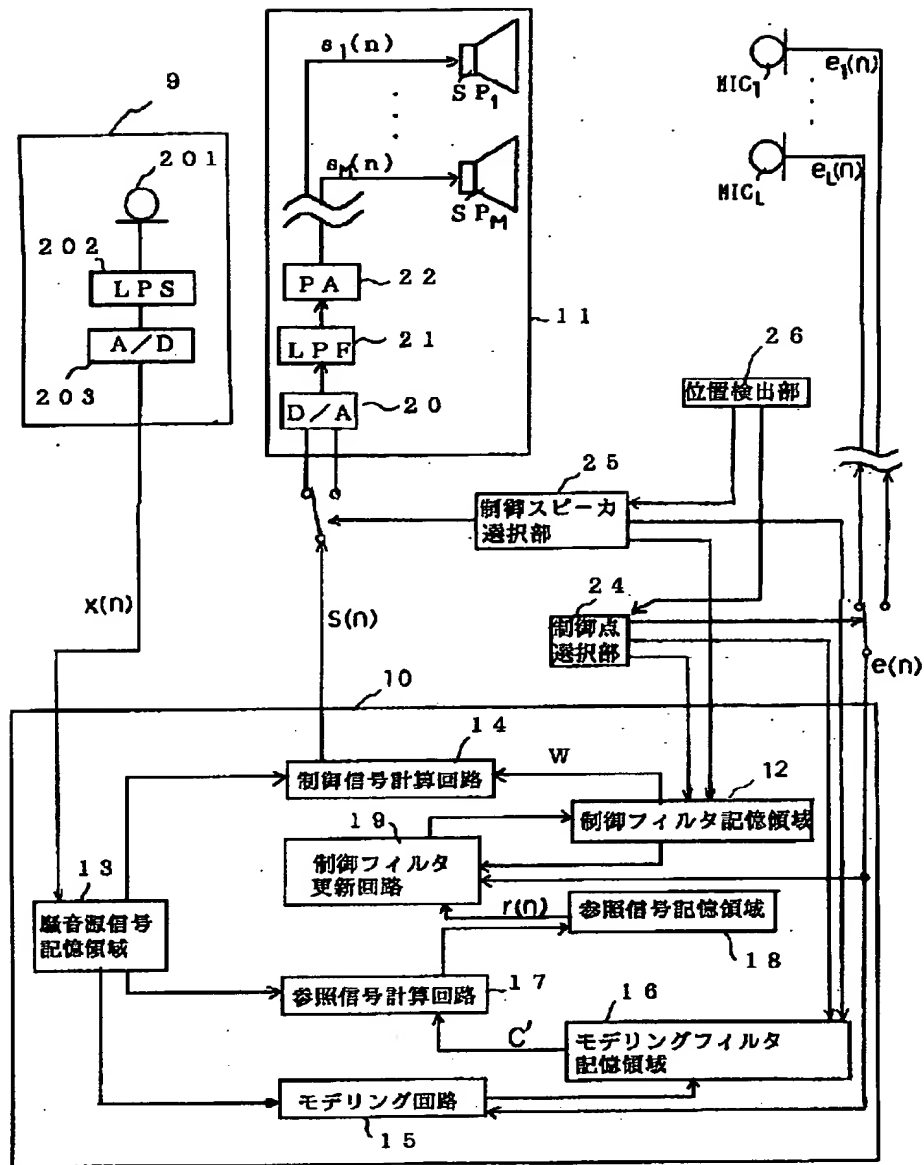
【図9】



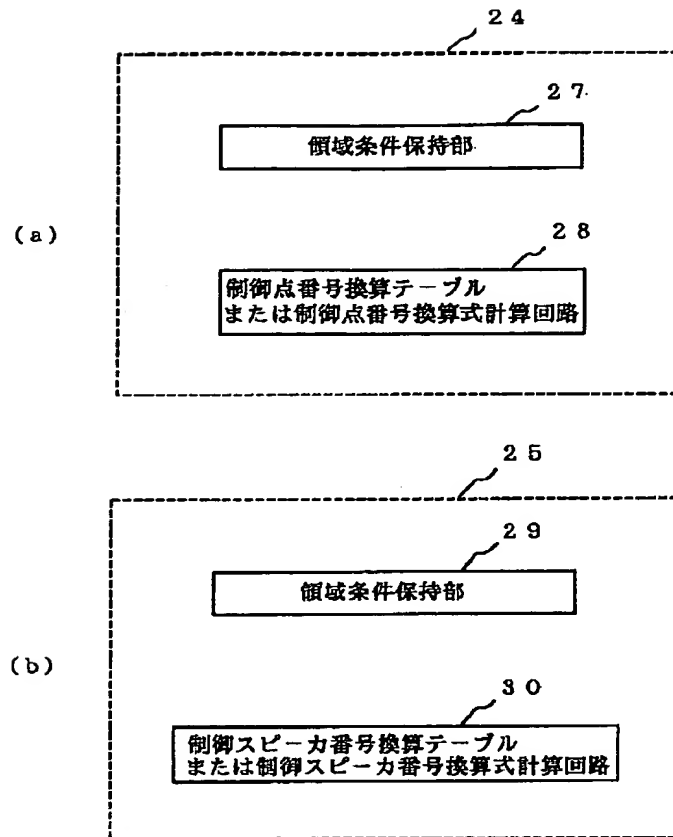
【図4】



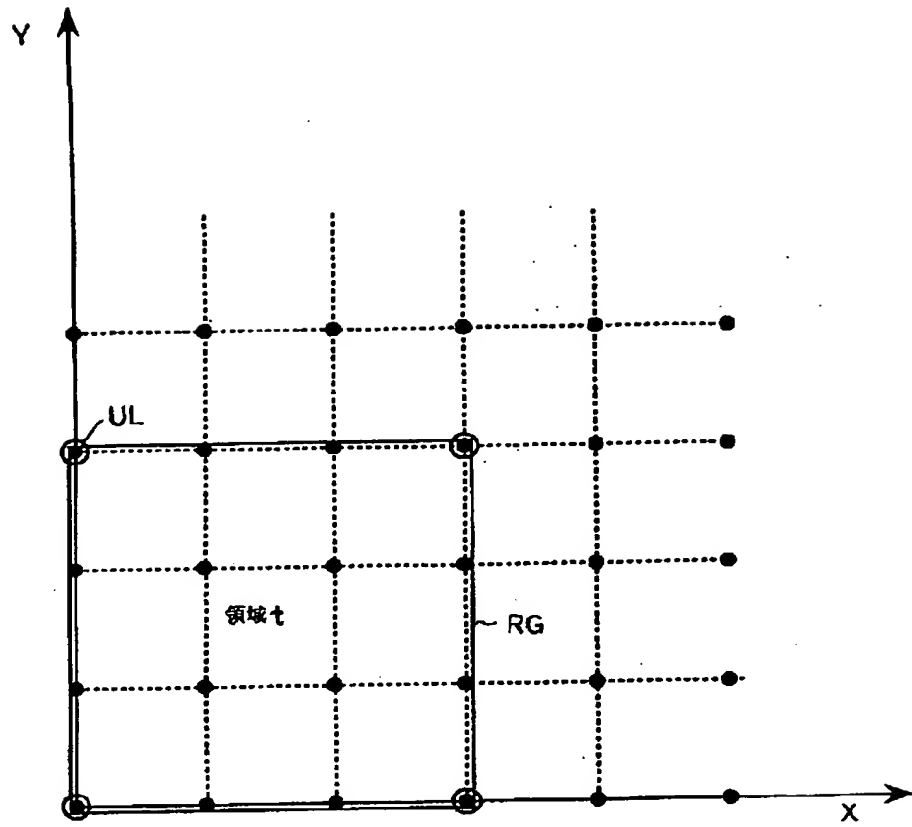
【図5】



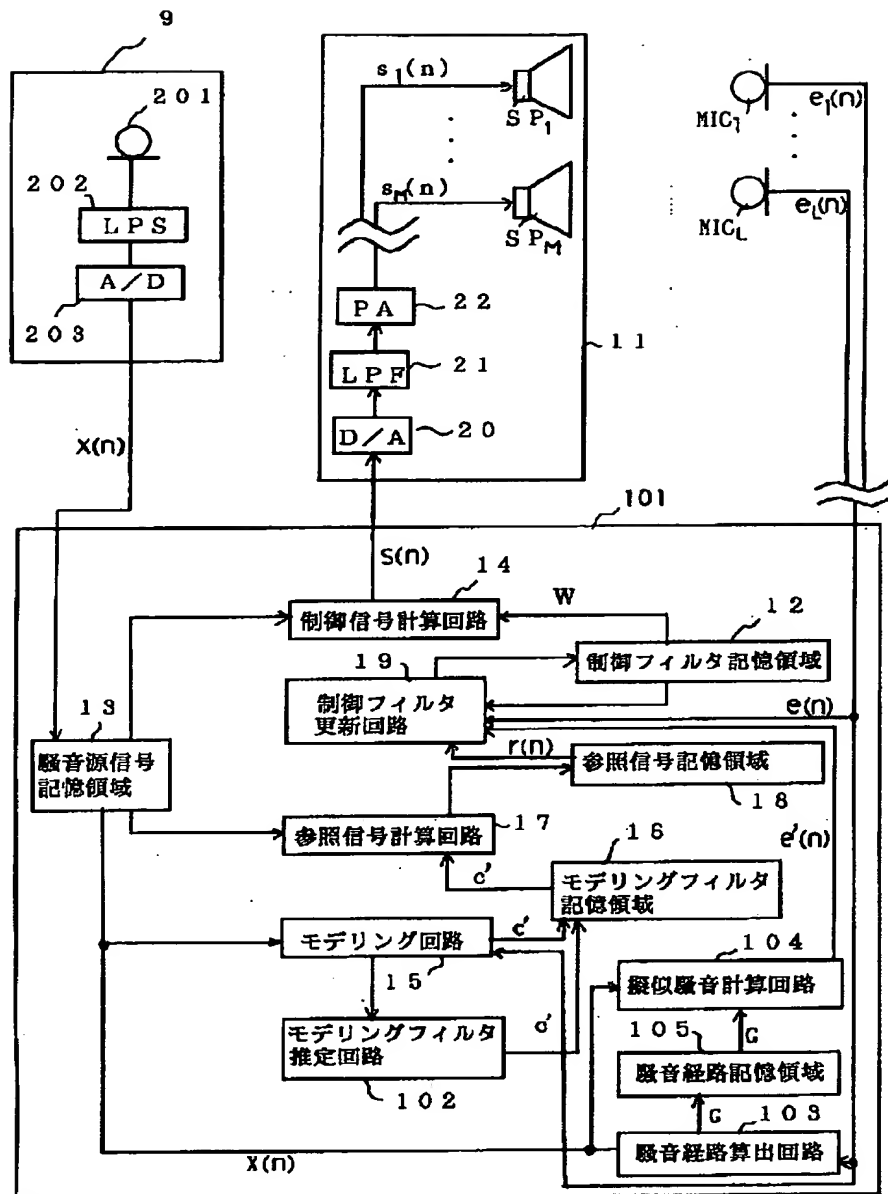
【図6】



【図7】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.